

Attorney Docket: 056208.52669US  
PATENT

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applicant: YOSHIMASA TAKAHASHI ET AL.  
Serial No.: To Be Assigned  
Filed: August 19, 2003  
Title: MULTI-PHASE ALTERNATING -CURRENT ROTATIONAL  
ELECTRIC MACHINE

CLAIM OF PRIORITY UNDER 35 U.S.C. §119

**Mail Stop: New Application**

Commissioner for Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

The benefit of the filing date of prior Foreign Application No. 2003-071211, filed in Japan on March 17, 2003, is hereby requested and the right of priority under 35 U.S.C. §119 is hereby claimed.

In support of this claim, filed herewith is a certified copy of the original foreign application.

August 19, 2003

Respectfully submitted,



Vincent J. Sunderdick  
Registration No. 29,004

CROWELL & MORING, LLP  
P.O. Box 14300  
Washington, DC 20044-4300  
Telephone No.: (202) 624-2500  
Facsimile No.: (202) 628-8844

VJS:adb

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2003年 3月17日

出 願 番 号

Application Number:

特願2003-071211

[ ST.10/C ]:

[ JP 2003-071211 ]

出 願 人

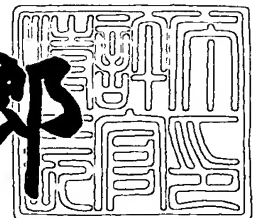
Applicant(s):

株式会社日立製作所

2003年 6月 6日

特 許 庁 長 官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

太田信一郎



出証番号 出証特2003-3044175

【書類名】 特許願  
【整理番号】 1102006571  
【あて先】 特許庁長官 殿  
【国際特許分類】 H02K 19/00  
【発明の名称】 多相式交流回転電機  
【請求項の数】 8  
【発明者】

【住所又は居所】 茨城県日立市大みか町七丁目 1 番 1 号  
株式会社 日立製作所 日立研究所内

【氏名】 ▲高▼橋 可昌

【発明者】  
【住所又は居所】 茨城県日立市大みか町七丁目 1 番 1 号  
株式会社 日立製作所 日立研究所内  
【氏名】 児玉 弘則

【発明者】  
【住所又は居所】 茨城県ひたちなか市大字高場 2 5 2 0 番地  
株式会社 日立製作所 自動車機器グループ内  
【氏名】 小林 裕

【発明者】  
【住所又は居所】 茨城県ひたちなか市大字高場 2 5 2 0 番地  
株式会社 日立製作所 自動車機器グループ内  
【氏名】 増野 敬一

【発明者】  
【住所又は居所】 茨城県ひたちなか市大字高場 2 5 2 0 番地  
株式会社 日立製作所 自動車機器グループ内  
【氏名】 榎本 正寿

【特許出願人】  
【識別番号】 000005108  
【氏名又は名称】 株式会社 日立製作所

【代理人】

【識別番号】 100075096

【弁理士】

【氏名又は名称】 作田 康夫

【電話番号】 03-3212-1111

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 013088

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 多相式交流回転電機

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ハウジングと、該ハウジング内に回転自在に設けられた回転軸と、該回転軸に固定され磁化された回転子と、該ハウジングに固定されたステータコアに導線が巻回されたステータコイルが設けられたステータと、該ステータの電流を調整する該ハウジング内に設けられた複数の半導体スイッチング素子と、該半導体スイッチング素子に対して熱伝導可能に固定されたヒートシンクより構成される多相式交流回転電機であって、

該半導体スイッチング素子と該ヒートシンクが電氣的に絶縁され、該ヒートシンクが該ハウジングにアースされるとともに各相毎に熱的に分離されたことを特徴とする多相式交流回転電機。

【請求項 2】

ハウジングと、該ハウジング内に回転自在に設けられた回転軸と、該回転軸に固定され磁化された回転子と、該ハウジングに固定されたステータコアに導線が巻回されたステータコイルが設けられたステータと、該ステータの電流を調整する該ハウジング内に設けられた複数の半導体スイッチング素子と、該半導体スイッチング素子に対して熱伝導可能に固定されたヒートシンクより構成される多相式交流回転電機であって、

該半導体スイッチング素子と該ヒートシンクが電氣的に絶縁され、該ヒートシンクが該ハウジングにアースされるとともに、該複数の半導体スイッチング素子の温度が実質的に各相毎に決定されることを特徴とする多相式交流回転電機。

【請求項 3】

前記ヒートシンクのベース面上に複数のフィンを配し、前記ハウジング内に吸引される実質的に全ての空気が該複数のフィン間を通過することを特徴とする、請求項 1 に記載の多相式交流回転電機。

【請求項 4】

前記ヒートシンクのベース面上に複数のフィンを配し、該ヒートシンクの前記

回転軸方向への投影形状とほぼ同等形状の孔を持つカバーを備えたことを特徴とする、請求項 1 に記載の多相式交流回転電機。

【請求項 5】

前記ヒートシンクにおけるベース面が、前記回転軸の径方向に対してほぼ平行に配置されたことを特徴とする請求項 1 に記載の多相式交流回転電機。

【請求項 6】

前記ヒートシンクにおける前記複数のフィンの前記回転軸を中心として同心円状に配したことを特徴とする請求項 5 に記載の多相式交流回転電機。

【請求項 7】

前記ヒートシンクのベース面上における前記複数のフィンが柱状であり、該複数の柱状フィンの該ベース面内における配置が格子状であることを特徴とする請求項 1 に記載の多相式交流回転電機。

【請求項 8】

前記ヒートシンクのベース面上における前記複数のフィンが柱状であり、該複数の柱状フィンの該ベース面内における配置が千鳥状であることを特徴とする請求項 1 に記載の多相式交流回転電機。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、MOSFET、IGBT等のスイッチング素子にて多相交流電流の制御を行う多相式交流回転電機に関する。

【0002】

【従来の技術】

近年、自動車の大型化・高級化による電力負荷の増大に伴い、オルタネータ（自動車用交流発電機）には高効率化・高出力化が求められている。高効率化の観点では、特許第2959640号公報に開示された方法によると、整流素子としてMOSFETを用いることで、従来のダイオードを用いた場合に比べて電力損失（発熱）を低減できる、すなわち高効率化を図れるとしている。また、高出力化の観点でも、内部抵抗が低い低損失MOSFETを並列に搭載することで、

従来よりも大電流を整流することが可能となる。

【 0 0 0 3 】

上記のオルタネータのような自動車用回転電機には、小型化・軽量化・低コスト化等の観点から、回転電機本体に電力変換用主回路を組み込んだ構造（以下、機電一体構造と呼ぶ）が特に望まれている。しかし、回転電機本体の設置場所はエンジン近傍であり、極めて過酷な温度条件であることから、従来のオルタネータにおける機電一体構造例としては、比較的耐熱温度の高いシリコンダイオードを用いたもの（開示例多数）、あるいはシリコン素子に比べて耐熱温度が非常に高いSiC（シリコンカーバイド）素子を用いたもの（特開平8-331818号公報）が開示されている程度であった。以下では、シリコン製のスイッチング素子（MOSFET, IGBT等）を用いて高効率かつ高出力の機電一体型回転電機を実現する上での課題について詳細に述べる。

【 0 0 0 4 】

【特許文献1】

特許第2959640号公報

【特許文献2】

特開平8-331818号公報

【特許文献3】

特開昭63-305757号公報

【特許文献4】

特開平5-316732号公報

【 0 0 0 5 】

【発明が解決しようとする課題】

従来のオルタネータでは、整流回路の相数に対応する数のダイオードが機電一体で搭載されているが、搭載箇所によって素子温度にばらつきが生じる。例えば特開昭63-305757号公報に開示されているように、回転軸部分を回避する等の目的で、部分的にフィンの長さが異なるヒートシンクを用いると、ヒートシンク上の位置によって、搭載素子の温度にばらつきが生じる。また、例えば特許第2590490号公報や特開平5-316732号公報に開示されているよ

うに、正極・負極ヒートシンクをステータ側・リア側に分け、回転軸に関して同一断面内にヒートシンクを搭載しないような場合、両極間で冷却性能に違いがあることから、素子温度のばらつきが必ず生じる。

## 【 0 0 0 6 】

シリコン製ダイオードの場合、動作可能な最大温度が 2 0 0 ℃ を超えるため、搭載箇所によって素子温度が最大で 2 0 ℃ 程度ばらついても、素子破壊に至る危険性は少ない。一方、シリコン製スイッチング素子(M O S F E T, I G B T 等)の動作可能な最大温度は 1 5 0 ~ 1 7 5 ℃ 程度と低く、許容される素子間温度のばらつきも小さいことから、従来と比較して、温度ばらつき低減を含めた冷却性能の向上が必要である。また、電流と回転数からトルクを算出してエンジン制御ヘフィードバックをかける場合、電流を精度良く検出する必要性が生じるが、素子温度のばらつきが電流検出精度に影響を与える点からも、やはり素子搭載位置による冷却性能のばらつき低減は必須である。

## 【 0 0 0 7 】

また、近年開発が進展しているハイブリッド自動車においては、電源電圧が従来よりも高くなることから、素子の電気絶縁に対する要求が厳しくなる。例えば、オルタネータとエンジン駆動モータを兼ねたモータジェネレータ（以下、M/G）のような回転電機を機電一体型で実現する場合、プラスの電位を持つ素子とボディアースされている回転電機ハウジング間の絶縁確保は、高電圧化に伴い従来に増して重要となる。

## 【 0 0 0 8 】

さらに、例として三相交流回路を考えると、U, V, W 各相の正極側、負極側には同一タイプのスイッチング素子を用いることが好ましい。これは、例えば M O S F E T の場合、n チャンネル型と p チャンネル型の 2 タイプがあるが、両者の間にはキャリア移動度の違いに起因するスイッチング時の性能差が存在するためである。このため、例えば正負両極のスイッチング素子を n チャンネル型 M O S F E T でそろえる場合、負極側の電極兼ヒートシンクを U, V, W 各相毎に分離する必要性が生じる。この制約は、従来のダイオード整流型回転電機においては、正負両極のダイオードの極性が逆になるよう実装することで回避できた



め、スイッチング素子を回転電機に適用する際の新たな問題事項である。

【 0 0 0 9 】

本発明は、上記のような要求や問題に鑑みて創出されたものであり、複数の素子間の温度ばらつきを抑え、高電圧化による素子／アース間の確実な電気絶縁を確保し、M O S F E T、I G B T等のスイッチング素子に好適な実装構造を持つ多相式交流回転電機を提供することを目的としている。

【 0 0 1 0 】

【課題を解決するための手段】

前記目的を達成する交流発電電動機は、ハウジングと、該ハウジング内に回転自在に設けられた回転軸と、該回転軸に固定され磁化された回転子と、該ハウジングに固定されたステータコアに導線が巻回されたステータコイルが設けられたステータと、該ステータの電流を調整する該ハウジング内に設けられた複数の半導体スイッチング素子と、該半導体スイッチング素子に対して熱伝導可能に固定されたヒートシンクより構成される多相式交流回転電機であって、

該半導体スイッチング素子と該ヒートシンクが電氣的に絶縁され、該ヒートシンクが該ハウジングにアースされるとともに各相毎に熱的に分離されたことを特徴とする。

【 0 0 1 1 】

また、前記目的を達成する交流発電電動機は、ハウジングと、該ハウジング内に回転自在に設けられた回転軸と、該回転軸に固定され磁化された回転子と、該ハウジングに固定されたステータコアに導線が巻回されたステータコイルが設けられたステータと、該ステータの電流を調整する該ハウジング内に設けられた複数の半導体スイッチング素子と、該半導体スイッチング素子に対して熱伝導可能に固定されたヒートシンクより構成される多相式交流回転電機であって、

該半導体スイッチング素子と該ヒートシンクが電氣的に絶縁され、該ヒートシンクが該ハウジングにアースされるとともに、該複数の半導体スイッチング素子の温度が実質的に各相毎に決定されることを特徴とする。

【 0 0 1 2 】

また、前記ヒートシンクのベース面上に複数のフィンを配し、前記ハウジング

内に吸引される実質的に全ての空気が該複数のフィン間を通過することを特徴とする。

【 0 0 1 3 】

また、前記ヒートシンクのベース面上に複数のフィンを配し、該ヒートシンクの前記回転軸方向への投影形状とほぼ同等形状の孔を持つカバーを備えたことを特徴とする。

【 0 0 1 4 】

また、前記ヒートシンクにおけるベース面が、前記回転軸の径方向に対してほぼ平行に配置されたことを特徴とする。

【 0 0 1 5 】

また、前記ヒートシンクにおける前記複数のフィンを前記回転軸を中心として同心円状に配置したことを特徴とする。

【 0 0 1 6 】

また、前記ヒートシンクのベース面上における前記複数のフィンが柱状であり、該複数の柱状フィンの該ベース面内における配置が格子状であることを特徴とする。

【 0 0 1 7 】

また、前記ヒートシンクのベース面上における前記複数のフィンが柱状であり、該複数の柱状フィンの該ベース面内における配置が千鳥状であることを特徴とする。

【 0 0 1 8 】

【発明の実施の形態】

（実施例 1）

本発明の実施形態について説明する。図 1 及び図 2 は、本発明による発電電動機の実施例を示している。図 1 は、回転電機 1 の側面（一部断面）を示している。図 2 は、図 1 におけるリアカバー 13 を取り外し、冷却風の流入側から内部を見たものである。尚、図 2 においては、煩雑さを回避するために配線（主配線、ゲート信号配線等）やコンデンサ等の部品の図示を省略している。

【 0 0 1 9 】

図 3 は、回転電機 1 におけるスイッチング素子 1 6 (1 6 U H, 1 6 U L, 1 6 V H, 1 6 V L, 1 6 W H, 1 6 W L) の断面図である。1 6 0 は、公知のシリコン製パワー半導体チップ (S i -M O S F E T) であり、第 1 の熱拡散板兼ドレイン電極板 1 6 4 (材質: 銅) にはんだ付けされ、ソース端子 1 6 1 およびゲート端子 1 6 2 との間はアルミ製のワイヤー 1 6 3 にて導電的に接続されており、これらはエポキシ樹脂 1 6 5 により封止されている。以下では、チップ 1 6 0, 第 1 の熱拡散板 1 6 4, ソース端子 1 6 1, ゲート端子 1 6 2, アルミワイヤー 1 6 3, 封止樹脂 1 6 5 およびはんだ付け部分 (図示しない) をまとめて、全体として「スイッチング素子」と称する。

#### 【0 0 2 0】

各スイッチング素子 1 6 U H, 1 6 U L, 1 6 V H, 1 6 V L, 1 6 W H, 1 6 W L は、第 2 の熱拡散板 1 5 (材質: 銅) に対してはんだ付けされ、スイッチング素子からの放熱性を高めている。第 2 の熱拡散板 1 5 はアルミ製のヒートシンク 1 8 (1 8 U H, 1 8 U L, 1 8 V H, 1 8 V L, 1 8 W H, 1 8 W L) のベース面に対して絶縁シート 1 7 を介して固定されており、スイッチング素子 1 6 とヒートシンク 1 8 の間は電氣的に絶縁されている。ヒートシンク 1 8 U H, 1 8 U L, 1 8 V H, 1 8 V L, 1 8 W H, 1 8 W L の形状は、U, V, W 各相間で同一にしてある。

#### 【0 0 2 1】

尚、チップ 1 6 0 は、M O S F E T に限らず I G B T 等他のスイッチング半導体であっても良い。また、その材質もシリコンに限らず、S i C (シリコンカーバイド) 等の他のパワー半導体材料であっても良い。ワイヤー 1 6 3 は、導通が確保できればアルミ以外の材質であっても良い。また、ここではワイヤーボンディングによる接続方式であるが、ゲート・ソース端子リードとチップ電極の間を導電性ペーストにて接続するボンディングレス方式を採用して高信頼化を図っても良い。第 1 及び第 2 の熱拡散板の材質は、本実施例では銅であるが、熱伝導性が良好であれば他の材質であっても良い。チップ 1 6 0 / 第 1 の熱拡散板 1 6 4 の接続は、はんだに限らず導電性ペースト等の他の接続材料を用いても良い。封止樹脂 1 6 5 は、チップおよびその周辺部分に応力緩和性、耐環境性等を付与す

るのが目的であるため、この目的を満たす樹脂であれば何でも良い。絶縁シート 17 は熱伝導率が高いことが望ましく、ここでは高熱伝導性樹脂シート（熱伝導率  $2.0 \text{ W/m} \cdot \text{K}$ ）を使用しているが、スイッチング素子 16 / ヒートシンク 18 間の絶縁と良好な熱伝導性が確保されれば、例えば窒化アルミニウム等のセラミックス絶縁基板を熱伝導性グリース等を介してヒートシンク 18 に固定する等、他の構成であっても良い。また、本実施例では、チップ 160 は第 1 の熱拡散板 164 を介して第 2 の熱拡散板 15 に固定されているが、第 2 の熱拡散板に対して直接固定される方式を採用しても良い。

## 【 0 0 2 2 】

図 4 に示すアルミ合金製のリアカバー 13 は、図 2 の紙面上方からかぶせられ（図 1 参照）、ヒートシンク 18 およびリアハウジング 11 と固定されるとともに、該ヒートシンクに対してリアハウジング 11 と同じマイナス電位（車体アース電位）を与える。リアカバー 13 の材質は、電気伝導性が確保されれば他の材質であっても良い。

## 【 0 0 2 3 】

本実施例の効果を以下に述べる。本実施例によれば、各スイッチング素子 16 UH, 16 UL, 16 VH, 16 VL, 16 WH, 16 WL は、いずれもヒートシンク 18 と電氣的に絶縁され、ヒートシンク 18 はリアカバー 13 を通じてリアハウジング 11 にアースされるとともに、各相（UH, UL, VH, VL, WH, WL）毎に熱的に分離されている。このため、まずスイッチング素子の種類を同一チャンネル型にそろえることが可能になる。すなわち、異チャンネル型素子の使用による、高速スイッチング時の応答ばらつきを回避することが可能になる。さらに、従来の機電一体構造において必須であったプラス側ヒートシンク / ハウジング（アース電位）間における絶縁確保の必要が無くなることで、高電圧化に伴うヒートシンクの形状や大きさへの制約を回避できる。すなわち、例えば本実施例においては、外部に露出したプラス側ヒートシンク 18 UH, 18 VH, 18 WH / アース部位間の異物による短絡や作業者の感電等の可能性が増す恐れも無い。また、各相のスイッチング素子 16 UH, 16 UL, 16 VH, 16 VL, 16 WH, 16 WL 間では熱的な干渉が避けられ、相毎に素子の温度がほ

ば独立に決定されている。すなわち、各相間の温度のばらつきがスイッチング素子自体の内部抵抗値のばらつきによりほぼ決まると同時に、そのばらつきの影響が各相内のみに留まって他相の温度に影響しない。これによって、各相の電流を検出する際に、あらかじめ各相にマッチングした温度補正を加えることができ、相電流の検出精度向上が図れるようになる。

## 【 0 0 2 4 】

これらは、特に従来素子（S i ダイオード，S i C 素子）に比べて素子冷却への要求が非常に高く、また高度なフィードバック制御が必要となるシリコン製スイッチング素子を機電一体型回転電機に適用し、該回転電機の高効率化・大容量化を図る上で非常に有効である。

## 【 0 0 2 5 】

図 1 3 に、実施例 1 における各素子温度を示す。大型ヒートシンクの外部露出構造が可能になったことから各素子とも十分に冷却されており、さらに各相が熱的に分離されていることから従来例よりも素子温度のばらつきが小さくなっており、本発明の効果は明白である。

## 【 0 0 2 6 】

本実施例では 3 相（U，V，W）式の回転電機を示したが、3 相以外の多相式回転電機にも適用可能である。相数に合わせてヒートシンク 1 8 を分離してやることによって、本実施例と同様の効果が得られる。

## 【 0 0 2 7 】

尚、本実施例においては、ヒートシンク 1 8 を正極・負極の U，V，W 相で完全に分離することで、各素子間の温度のばらつきを有効に回避した。しかし、例えば発電電動機の容量が比較的小さく、ヒートシンクを分離しないことで低コスト化のメリットが得られる等の場合には、分離しなくても良い。この場合、各相間が熱的に干渉しない（実質的に分離されている）構造となっていれば、本実施例と同様の効果、すなわち各素子温度のばらつきの低減を達成することが可能である。

## 【 0 0 2 8 】

（実施例 2）

図 5、図 6 は、本発明による回転電機の実施例を示している。図 5 は回転電機側面図（一部断面図）、図 6 は図 5 におけるリアカバー 1 3 を取り外し、冷却風の流入側から内部を見たものである。尚、図 5 においては、煩雑さを回避するために配線（主配線、ゲート信号配線等）やコンデンサ等の部品の図示を省略している。本図では、説明のために図 7 に示すアルミ合金製のリアカバー 1 3 を取り外してあるが、実際の使用時には、リアカバー 1 3 が図 6 の紙面上方からかぶせられ、ヒートシンク 1 8 およびリアハウジング 1 1 と固定されるとともに、該ヒートシンクに対してマイナス電位（車体アース電位）を与える。

## 【 0 0 2 9 】

スイッチング素子 1 6 は、アルミ製の熱拡散板 1 5 に銀ペーストにて導電的に固着されている。ここで、スイッチング素子 1 6 の構造は図 3 と同様であり、第 1 の熱拡散板 1 6 4 は銅製である。この場合、第 2 の熱拡散板 1 5 をアルミ製にすることで発電電動機 1 の軽量化・低コスト化が図れる。また、本実施例では、第 1 の熱拡散板 1 6 4 と第 2 の熱拡散板 1 5 の熱膨張係数差を緩和するため、接続材料として銀ペーストを用いた。そして、熱拡散板 1 5 はアルミ製のヒートシンク 1 8 のベース面に対して絶縁層 1 7 を介して固定されている。ヒートシンク 1 8 の形状は、U、V、W 各相間で同一にしてある。各々のヒートシンク 1 8 UH、1 8 UL、1 8 VH、1 8 VL、1 8 WH、1 8 WL は、回転軸 8 を中心として角度 4 5° 毎に配置してある。また、本実施例では、ヒートシンク 1 8 のベース面が、前記回転軸の径方向に対してほぼ平行となるように配置されている。

## 【 0 0 3 0 】

図 8（a）は平行平板フィン付ヒートシンク 1 8 における冷却風の流れを模式的に説明する図であり、図 8（b）は（a）におけるベース面をフィン 1 8' 側の直上から見た平面図である。

## 【 0 0 3 1 】

以下では、図 5～図 8 を適宜用いて、冷却風の流れについて述べる。

## 【 0 0 3 2 】

まず、リアハウジング 1 1 の内部に吸入される冷却風は、図 5、図 7 のリアカバー 1 3 における吸気孔 1 3 1（1 3 1 UH、1 3 1 UL、1 3 1 VH、1 3 1

VL, 131WH, 131WL)により、ヒートシンク18へと誘導され、図8に模式的に示したように、各平行平板フィン18'の間を最初に通過する。ここで、リアカバー13における吸気孔131は、図6におけるヒートシンク18の外形にのみ合わせて開けてあり、該ヒートシンクと該リアカバーの間は実質的に隙間が無いように互いに固定されている。また、リアカバー13における孔132(図7)は、制御用IC基板21のヒートシンク22を外部に露出させるために該基板の形状に合わせて開けられた孔である。従って、ハウジング内に吸引される実質的に全ての空気が、ヒートシンク18のフィン18'の間を通過することになる。また、ヒートシンク18は、そのベース面の法線ベクトル181(図8(b)では紙面に垂直な方向)と冷却風の方が直交するように配置してあるため、通風抵抗がほとんど無いスムーズなフィン間流れを得られる。

## 【0033】

続いて、冷却風は回転電機1における他の部位(スリップリング23, ステータコイル3等)を冷却した後、リアハウジング11の横穴111から外部に吐出される。

## 【0034】

本実施例の効果を素子温度のばらつきという観点から述べる。本実施例によれば、各スイッチング素子16UH, 16UL, 16VH, 16VL, 16WH, 16WL毎にヒートシンクを分離し、個々のヒートシンク18UH, 18UL, 18VH, 18VL, 18WH, 18WLの形状を同一にしてあるため、スイッチング素子16からヒートシンク18まで熱が伝導する際の熱抵抗が一定となり、各素子間の温度のばらつきは非常に有効に抑えられる。さらに本実施例では、リアカバー13内におけるヒートシンク18を回転軸8に関して同心的に配置しており、各ヒートシンク18UH, 18UL, 18VH, 18VL, 18WH, 18WLへ流入する冷却風量のばらつきもほとんど無くなるため、各素子間の温度のばらつきが有効に抑制される。

## 【0035】

次に、本実施例の効果を冷却能力という観点から述べる。シリコン製スイッチング素子の場合、従来の整流用SiダイオードやSiC素子に比べて、素子温度

をかなり低く抑える必要があることは既述した。このため、シリコン製スイッチング素子を用いた機電一体型回転電機を実現するためには、素子の温度を許容値以下に抑えるのに必要な大型のヒートシンクを限られたスペース内に実装することが必須となる。そこで、本実施例のように、各相毎（本例ではU、V、W毎）にヒートシンクを分離することにより、スイッチング素子の冷却に必要十分なヒートシンクの大きさを確保しつつ、さらに回転軸断面内のスペースに該ヒートシンクをほとんど隙間無く実装することが可能になる。また、図5、図7に示すリアカバー13を採用することにより、ハウジング外部より吸入される冷却風の全てをヒートシンク18における平行平板フィン18'の間に誘導でき、空冷による素子冷却の最大効率を得ることができる。尚、リアカバー13における孔132は、制御用IC基板21のヒートシンク22を外部に露出させるために、該基板の形状に合わせて開けられた孔であり、ここからハウジング内部に空気が流入することは無い。

## 【0036】

また、本実施例では、スイッチング素子16とヒートシンク18の間は電氣的に絶縁され、該ヒートシンクはリアカバー13を通してリアハウジング（アース電位）11と固定されることによってマイナス電位（車体アース電位）を与えられているため、外部に露出したヒートシンク18が原因となって、該ヒートシンクと外部の間の異物による短絡や作業者の感電等の可能性が増す恐れも無い。すなわち、スイッチング素子16とヒートシンク18が絶縁されているからこそ、上記のような構造を採用することが可能になったことは言うまでもない。

## 【0037】

図13に、本実施例による各スイッチング素子温度を示す。各素子とも十分に冷却されているとともに、素子温度のばらつきは実質的に無いといえ、本発明の効果を見てとれる。

## 【0038】

本実施例では3相（U、V、W）式の回転電機を示したが、3相以外の多相式回転電機にも適用可能である。相数に合わせてヒートシンク18を分離してやることによって、本実施例と同様の効果が得られる。



## 【 0 0 3 9 】

また、本実施例におけるヒートシンク 1 8 は、図 8 に示したような平行平板状のフィンを有する形状であるが、図 9 及び図 1 0 に示される他の形状であっても良い。

## 【 0 0 4 0 】

図 9 及び図 1 0 は、ベース面に柱状のフィン 1 8' を設けたヒートシンクの模式図であり、(a) は斜視図、(b) は平面図である。図 9 ではフィン 1 8' がベース面上において格子状に配置されており、図 1 0 ではフィン 1 8' がベース面上において千鳥状に配置されている。いずれの形状のヒートシンクを用いても、ベース面が回転軸の径方向に対してほぼ平行となるように配置されている限り、回転軸断面内のスペースに該ヒートシンクをほとんど隙間無く実装することが可能になるため、図 8 に示した形状のヒートシンクと同様な効果を得ることができる。尚、ここで述べたフィンは、柱状であれば円柱、角柱を問わない。また、所望の冷却性能が得られる限り、錐体（円錐、角錐）等、他の形状であっても良い。

## 【 0 0 4 1 】

以上より、本実施例では、必要十分な素子冷却能力を引き出しつつ、各素子間の温度のばらつきを無くすことができしており、シリコン製スイッチング素子を用いた機電一体型回転電機に非常に好適な構造であるといえる。

## 【 0 0 4 2 】

## (実施例 3)

実施例 2 では各々のヒートシンク 1 8 UH, 1 8 UL, 1 8 VH, 1 8 VL, 1 8 WH, 1 8 WL に対して、スイッチング素子がそれぞれ 1 個ずつ配されているが、2 個以上のスイッチング素子を配し、並列に搭載してもよい。この場合、すでにヒートシンク 1 8 が U, V, W 各相毎に分離されているため、まず各相間での冷却性能のばらつきは実質的に無い。次に各相内での並列素子間の温度のばらつきに関しても、簡単な温度解析結果を基にヒートシンク 1 8 上の素子 1 6 の搭載位置を最適化することで、温度のばらつきをかなり抑えることが可能となる。図 1 1 には、実施例 2 において各相に 2 個ずつ素子を並列に配した例を示して

いる。素子に関して、ヒートシンク 1 8 上での搭載位置の最適化を図った場合の各々の素子温度も示した。従来例よりも素子温度のばらつきが小さく、本発明の効果が十分に現れている。

## 【 0 0 4 3 】

## (実施例 4)

図 1 2 に、本発明の別の実施形態を示す。本実施例におけるヒートシンク 1 8 では、フィン 1 8' が回転軸 8 に対して同心円状に加工してある。このため、回転軸断面内にヒートシンク 1 8 を配置する際に、幾何的に余分なスペースを完全に無くし、ヒートシンク 1 8 の大きさを最大化することが可能になる。このため、本実施例では、実施例 1 乃至 3 において用いた第 2 の熱拡散板 1 5 がなくともスイッチング素子 1 6 の十分な冷却が可能となり、部材点数低減、コスト低減を図ることができた。本実施例では、スイッチング素子 1 6 における第 1 の熱拡散板 1 6 4 をヒートシンク 1 8 のベース面に高熱伝導性かつ電気絶縁性の接着剤にて固定している。

## 【 0 0 4 4 】

従って、本実施例によれば、特に空冷方式の回転電機において、最大冷却性能を引き出しつつ、素子間の温度のばらつきを無くすことができ、さらに各相に割り当てるフィンの大きさを最大化できるため、第 2 の熱拡散板 1 5 を用いなくとも、スイッチング素子を十分に冷却可能である。さらに、本実施例にも第 2 の熱拡散板 1 5 を用いることは可能であり、この場合、素子温度を最低にすることが可能となる。

## 【 0 0 4 5 】

図 1 3 に、本実施例におけるスイッチング素子温度を示す。各素子とも十分に冷却されているとともに、素子温度のばらつきを従来例に比べて小さくすることができ、本発明の効果を見てとれる。

## 【 0 0 4 6 】

## 【発明の効果】

本発明によれば、複数の素子間の温度ばらつきを抑え、高電圧化による素子／アース間の確実な電気絶縁を確保し、MOSFET、IGBT等のスイッチング

素子に好適な実装構造を持つ多相式交流回転電機を提供することが可能となる。

【 0 0 4 7 】

尚、本発明は既存の S i ダイオード乃至 S i C スイッチング素子等を用いた回転電機に適用することも当然可能であり、本発明同様にばらつきの無い優れた素子冷却性を得られ、高電圧化への対応も可能であることは言うまでも無い。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明における実施例 1 の多相式交流回転電機を示した図である。

【図 2】

図 1 のリアカバー 1 3 を取り外して冷却風流入側から回転電機内部を眺めた図である。

【図 3】

本発明における実施例 1 ～ 4 のスイッチング素子 1 6 の拡大断面図である。

【図 4】

本発明における実施例 1 のリアカバー 1 3 における冷却風吸入孔の形状を示した図である。

【図 5】

本発明における実施例 2 の多相式交流回転電機を示した図である。

【図 6】

図 5 のリアカバー 1 3 を取り外して冷却風流入側から回転電機内部を眺めた図である。

【図 7】

本発明における実施例 2 のリアカバー 1 3 における冷却風吸入孔の形状を示した図である。

【図 8】

本発明における実施例 1, 2 のヒートシンク 1 8 の形状、及び冷却風の流入方向について模式的に説明した図である。

【図 9】

本発明に適用可能な他のヒートシンク形状について説明した図である。

【図 1 0】

本発明に適用可能な他のヒートシンク形状について説明した図である。

【図 1 1】

本発明における実施例 3 の多相式交流回転電機においてリアカバー 1 3 を取り外して冷却風流入側から回転電機内部を眺めた図である。

【図 1 2】

本発明における実施例 4 の多相式交流回転電機においてリアカバー 1 3 を取り外して冷却風流入側から回転電機内部を眺めた図である。

【図 1 3】

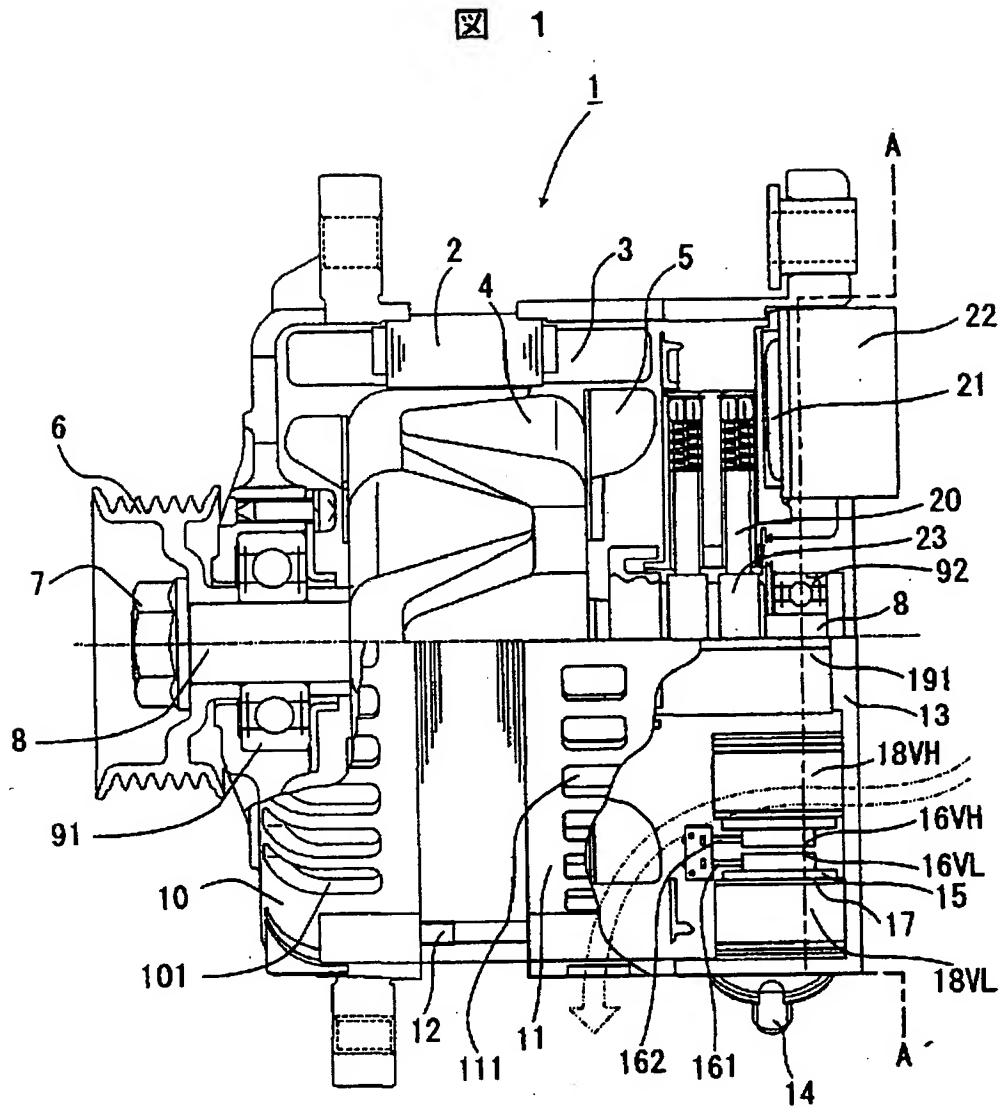
本発明における実施例 1 ～ 4 のスイッチング素子温度を従来例と比較した表である。

【符号の説明】

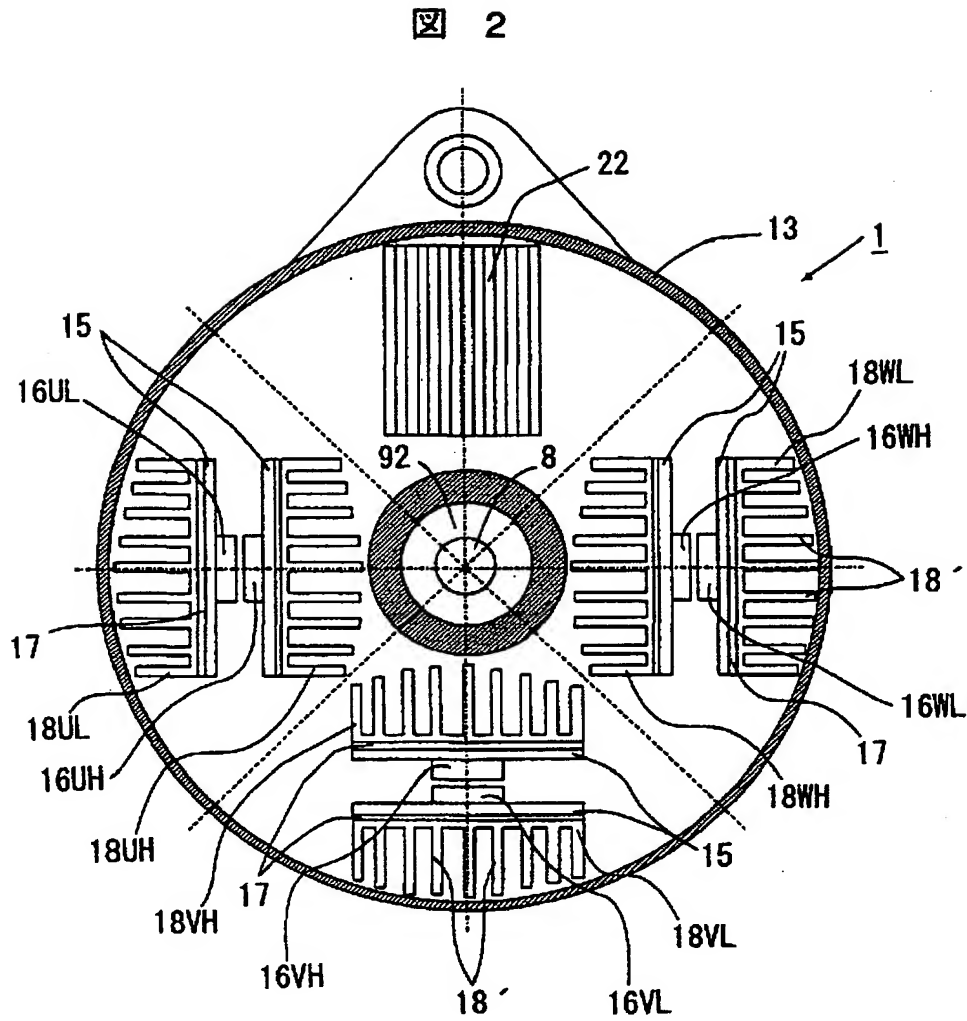
1 …多相式交流回転電機、2 …ステータコア、3 …ステータコイル、4 …回転子、5 …ファン、6 …プーリ、7 …ナット、8 …回転軸、1 0 …フロントハウジング、1 1 …リアハウジング、1 2 …ボルト、1 3 …リアカバー、1 4 …出力端子、1 5 …第 2 の熱拡散板、1 6 (1 6 UH, 1 6 UL, 1 6 VH, 1 6 VL, 1 6 WH, 1 6 WL) …スイッチング素子、1 7 …絶縁シート、1 8 (1 8 UH, 1 8 UL, 1 8 VH, 1 8 VL, 1 8 WH, 1 8 WL) …ヒートシンク、1 8' …フィン、2 0 …ブラシ、2 1 …制御用 IC 基板、2 2 …制御 IC 用ヒートシンク、2 3 …スリップリング、9 1 …フロントベアリング、9 2 …リアベアリング、1 3 1 (1 3 1 UH, 1 3 1 UL, 1 3 1 VH, 1 3 1 VL, 1 3 1 WH, 1 3 1 WL) …吸気孔、1 3 2 …制御 IC 部孔、1 6 0 …半導体チップ、1 6 1 …ソース端子、1 6 2 …ゲート端子、1 6 3 …ワイヤー、1 6 4 …第 1 の熱拡散板、1 6 5 …封止樹脂、1 9 1 …バスバー、1 9 2 …ソース配線、1 9 3 …ゲート配線。

【書類名】 図面

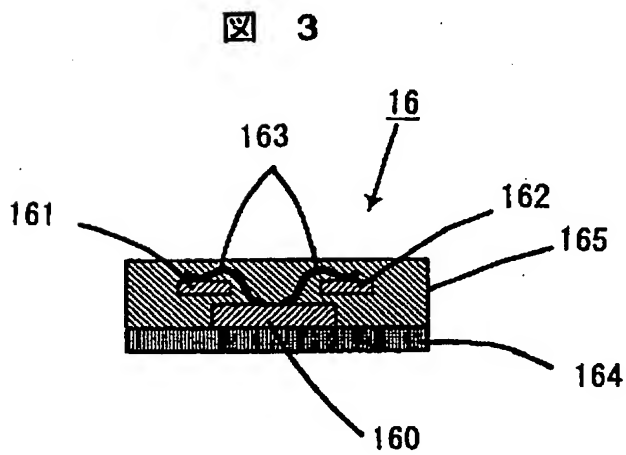
【図 1】



【図 2】

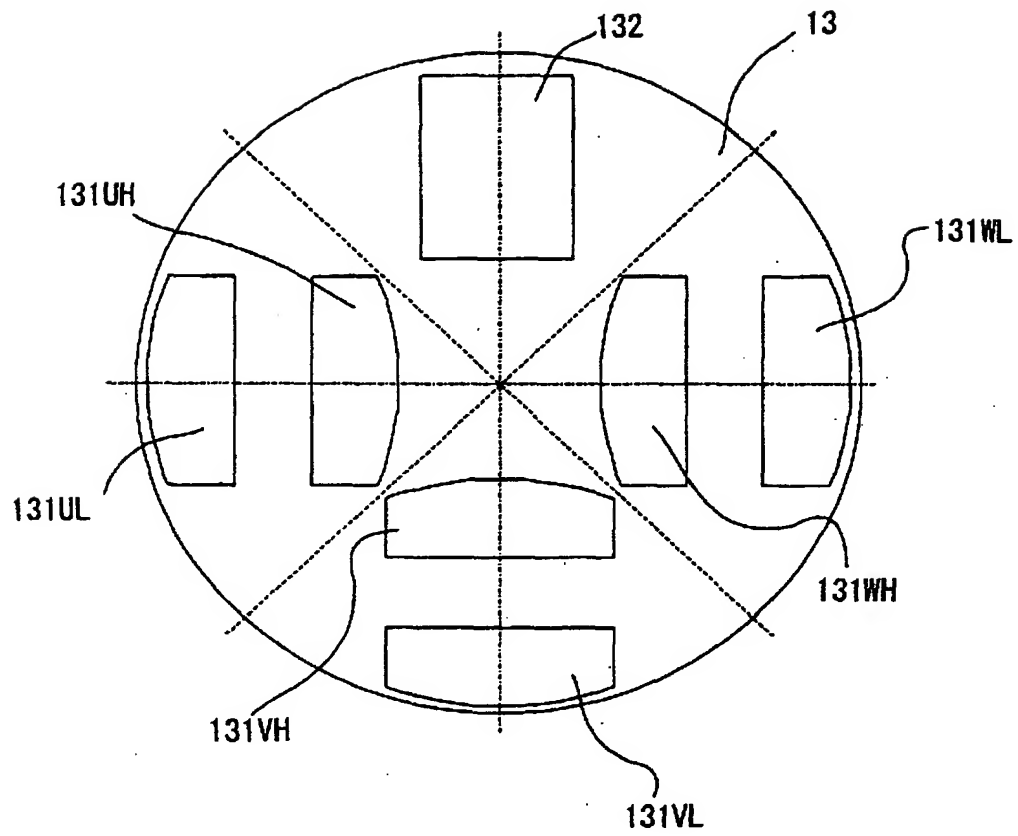


【図 3】



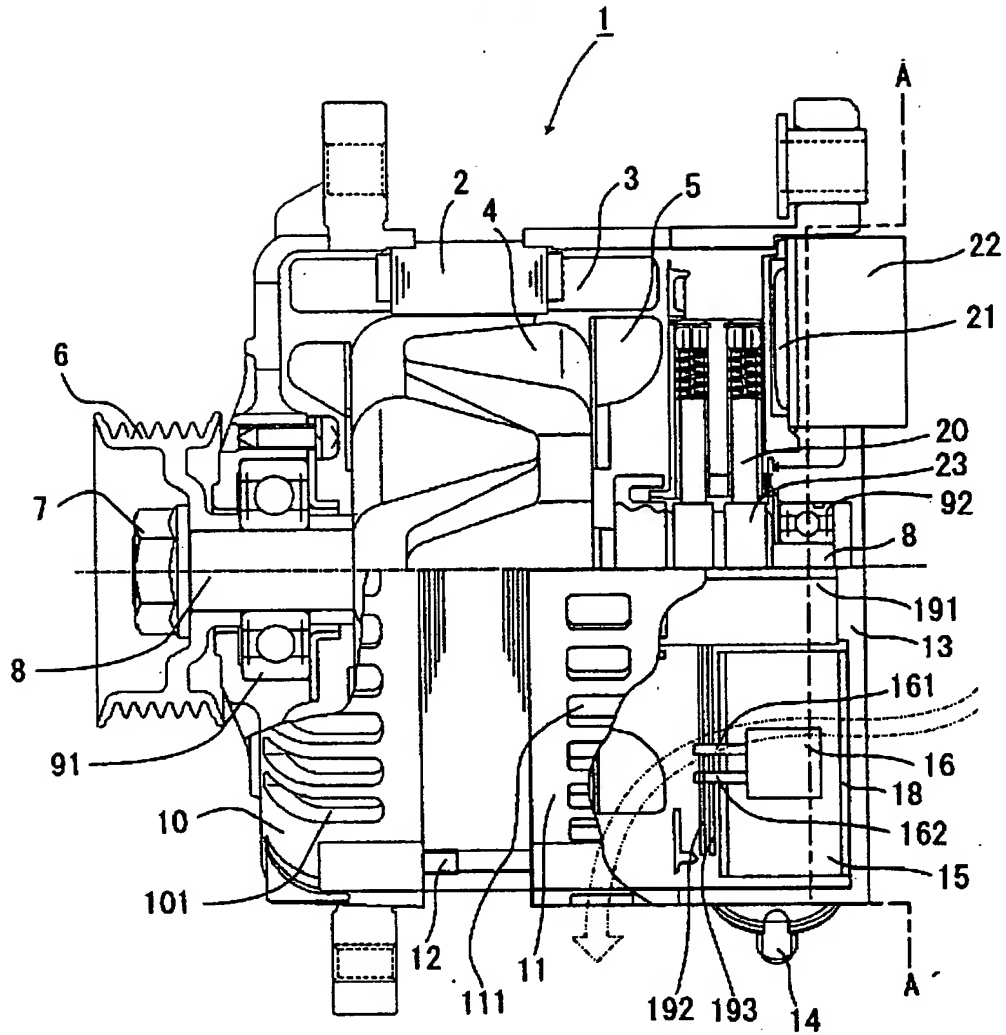
【図4】

図 4



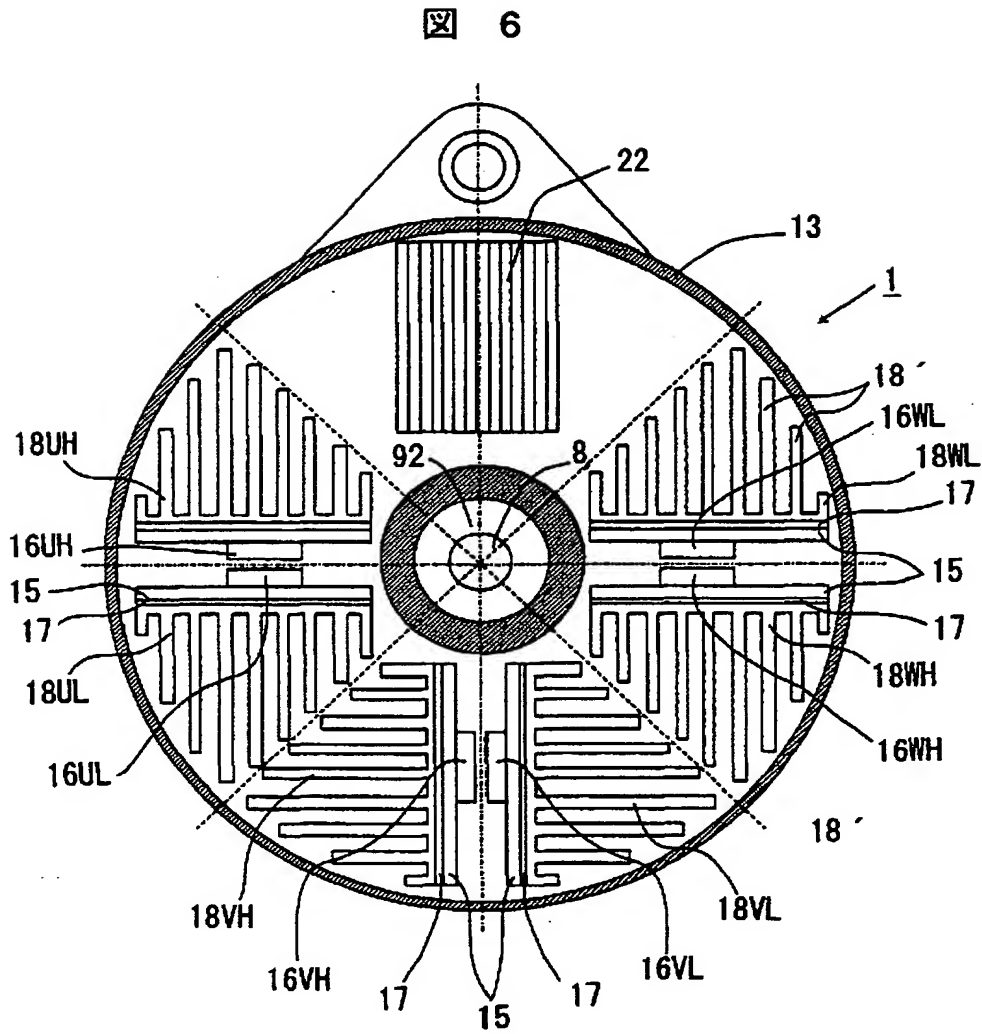
【図 5】

図 5

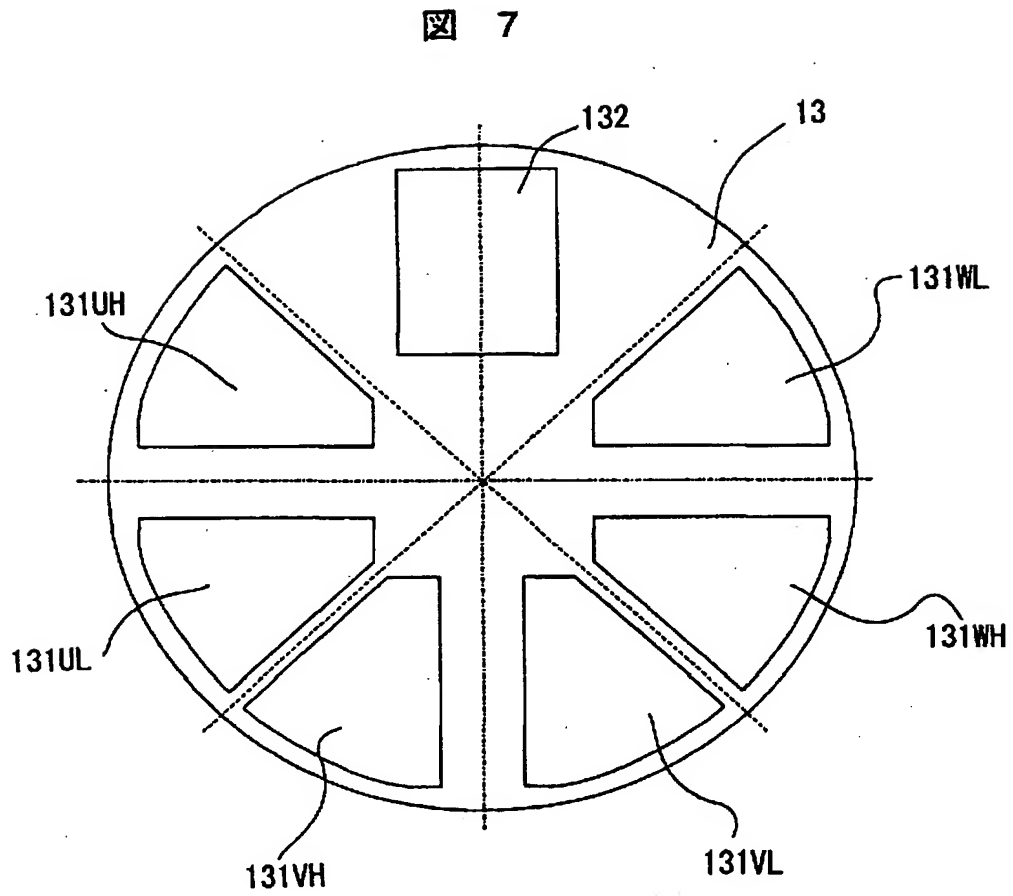




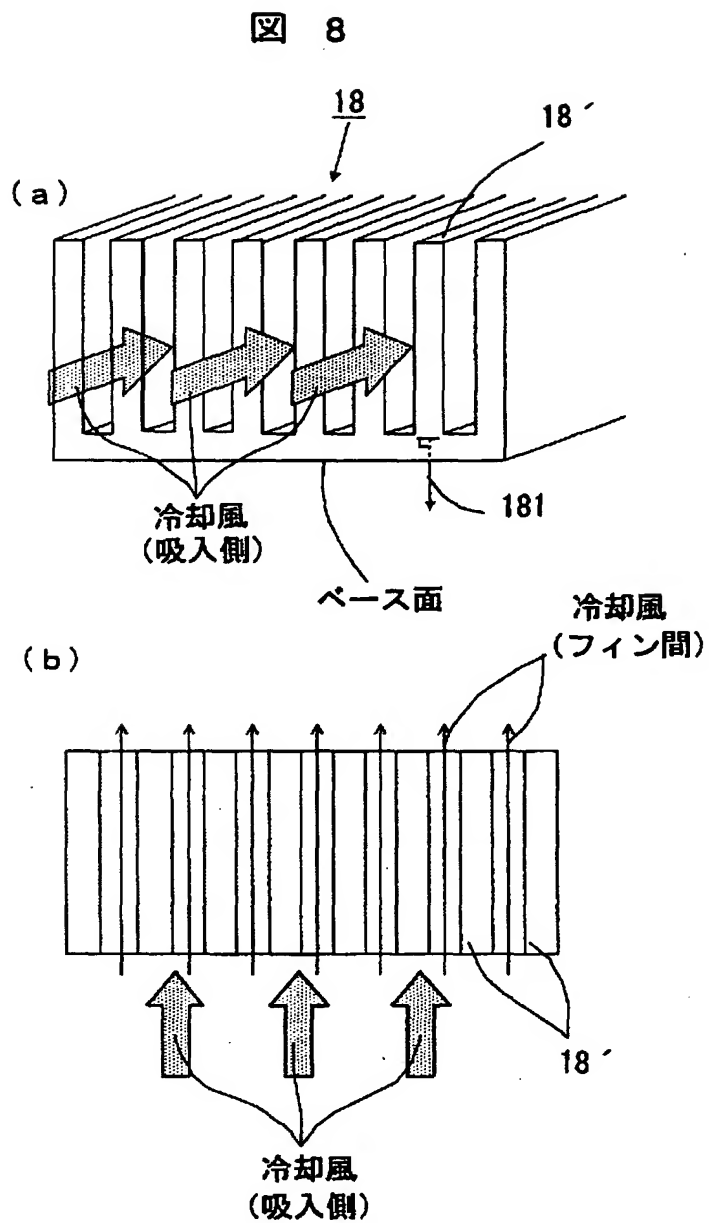
【図 6】



【図 7】

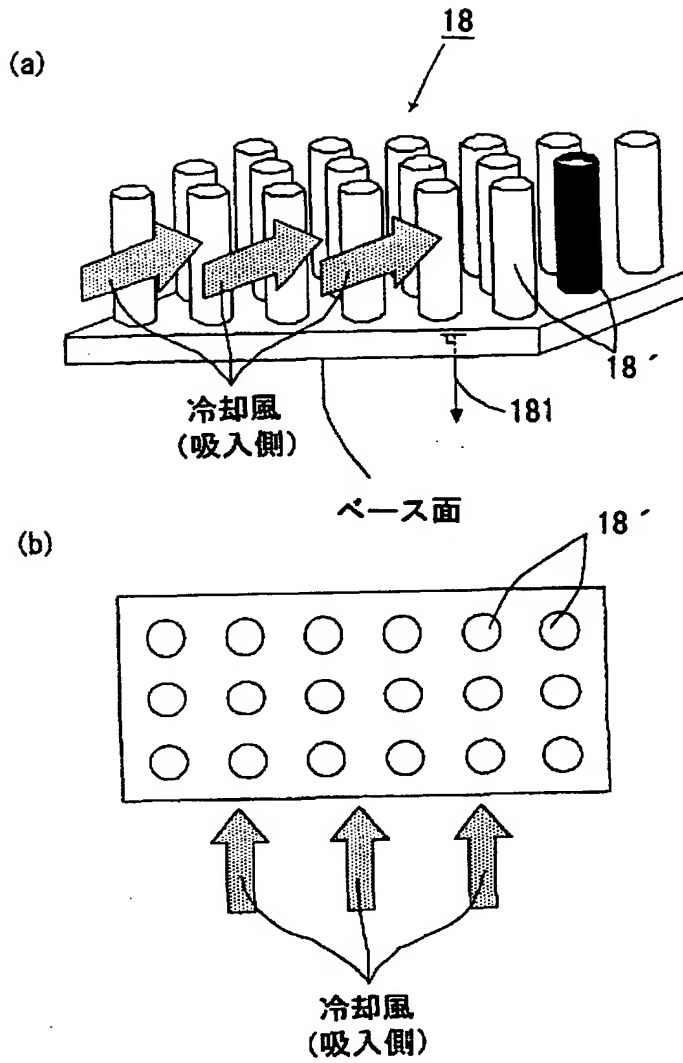


【図 8】

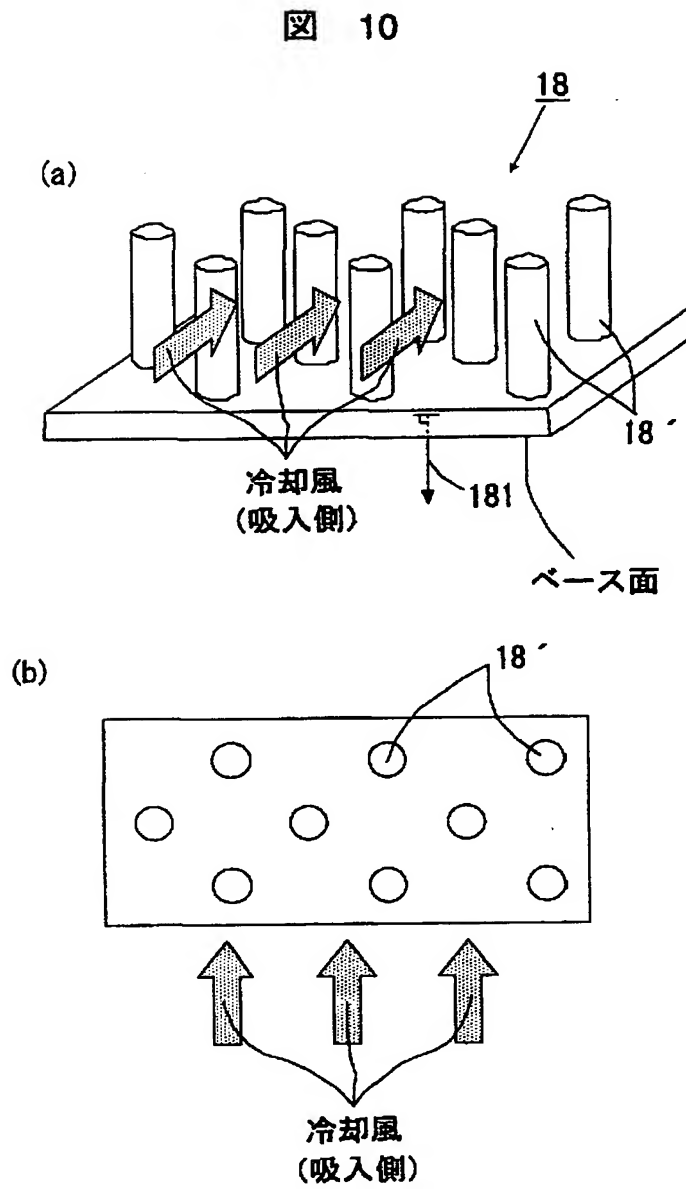


【図 9】

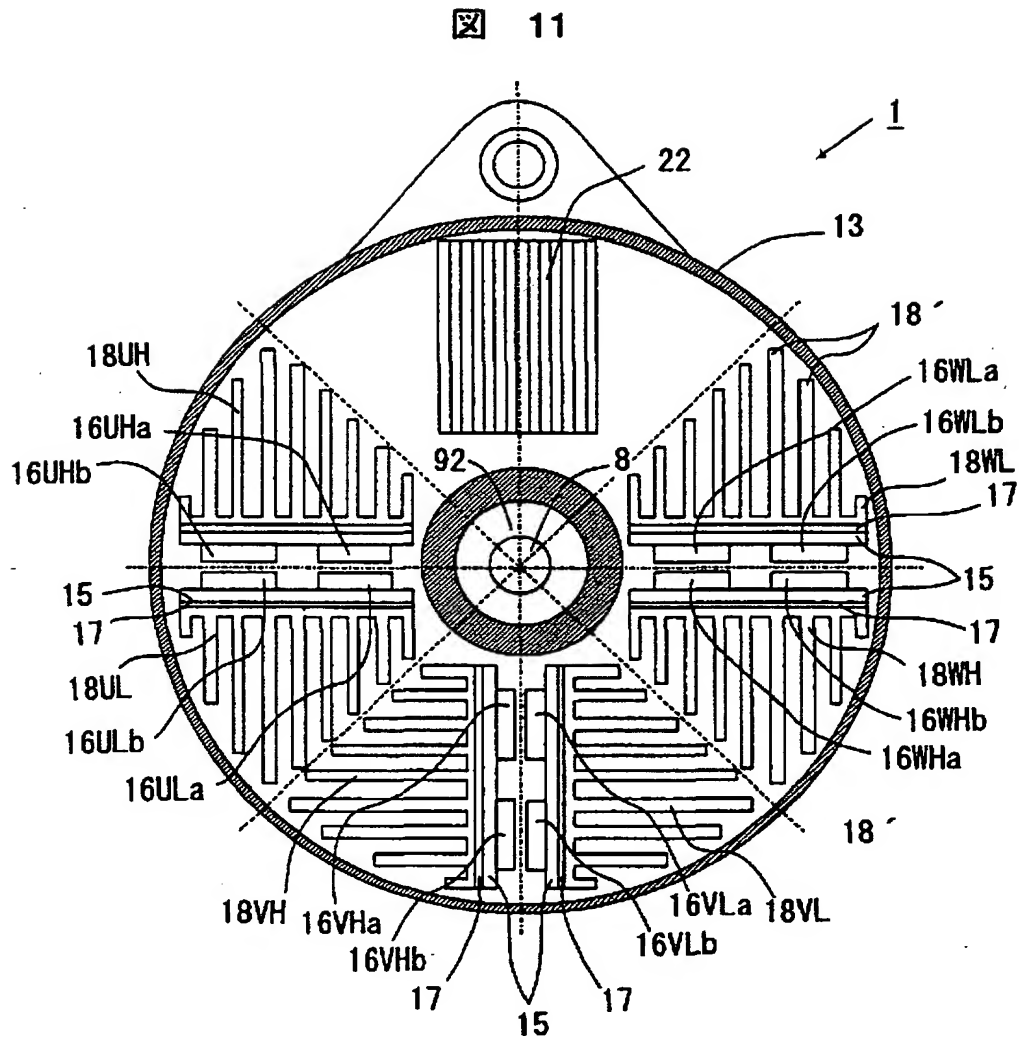
図 9



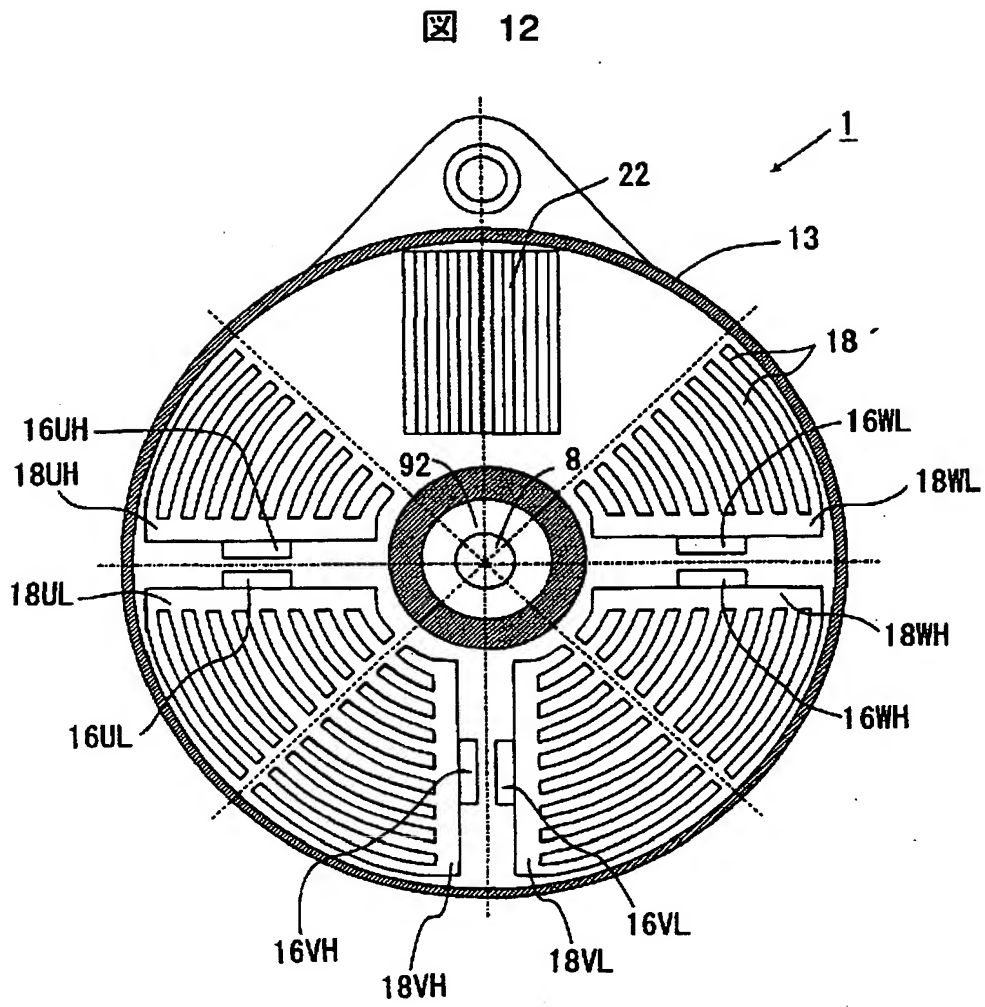
【図 10】



【図 11】



【図 12】



【図 13】

図 13

	UH	UL	VH	VL	WH	WL	素子間の最大 温度差(℃)
従来例	185.9	181.2	189.5	180.0	187.6	178.0	11.5
実施例1 (1素子/1E-ドック)	156.3	155.2	157.9	155.4	157.5	154.9	3.0
実施例2 (1素子/1E-ドック)	151.1	151.5	150.8	151.3	150.9	150.6	0.9
実施例3 (2素子/1E-ドック)	160.5 161.0	161.2 161.5	161.3 161.4	160.2 161.8	160.9 161.5	160.8 160.3	1.5
実施例4 (1素子/1E-ドック)	145.6	146.5	145.0	146.6	146.3	147.0	2.0



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】

複数の素子間の温度ばらつきを抑え、高電圧化による素子／アース間の確実な電気絶縁を確保し、MOSFET、IGBT等のスイッチング素子に好適な実装構造を持つ、多相式交流回転電機を提供することを目的としている。

【解決手段】

半導体スイッチング素子と、ヒートシンクが電氣的に絶縁され、ヒートシンクがハウジングにアースされるとともに、各相毎に熱的に分離された多相式交流回転電機。

【効果】

本発明によれば、複数の素子間の温度ばらつきを抑え、高電圧化による素子／アース間の確実な電気絶縁を確保し、MOSFET、IGBT等のスイッチング素子に好適な実装構造を持つ多相式交流回転電機を提供することが可能となる。

【選択図】 図2

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2003-071211
受付番号	50300427385
書類名	特許願
担当官	第三担当上席 0092
作成日	平成15年 3月18日

<認定情報・付加情報>

【提出日】	平成15年 3月17日
-------	-------------

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000005108]

1. 変更年月日	1990年 8月31日
[変更理由]	新規登録
住 所	東京都千代田区神田駿河台4丁目6番地
氏 名	株式会社日立製作所